



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Patent Application of

IHARA, I. et al.

Atty. Ref.: 4034-37

Serial No. 10/603,793

Group: 1752

Filed: June 26, 2003

Examiner: unknown

For: CORNER CUBE ARRAY AND METHOD OF MAKING
THE CORNER CUBE ARRAY

* * * * *

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Sir:


It is respectfully requested that this application be given the benefit of the foreign filing date under the provisions of 35 U.S.C. §119 of the following, a certified copy of which is submitted herewith:

<u>Application No.</u>	<u>Country of Origin</u>	<u>Filed</u>
2002-187891	JP	27 June 2002
2003-160345	JP	05 June 2003

Respectfully submitted,

NIXON & VANDERHYE P.C.

October 8, 2003

By: 
H. Warren Burnam, Jr.
Reg. No. 29,366

HWB:lsh
1100 North Glebe Road, 8th Floor
Arlington, VA 22201-4714
Telephone: (703) 816-4000
Facsimile: (703) 816-4100

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 6月27日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-187891

[ST.10/C]:

[JP2002-187891]

出 願 人
Applicant(s):

シャープ株式会社

2003年 5月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎

出証番号 出証特2003-3037594

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J01230

【提出日】 平成14年 6月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/1335

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 伊原 一郎

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 箕浦 潔

【特許出願人】

 【識別番号】 000005049

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100101683

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 奥田 誠司

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 082969

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0208454

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 コーナーキューブアレイおよびその作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも表面部分が立方晶系の結晶材料からなる基板であって、前記結晶材料の $\{111\}$ 面と実質的に平行な表面を有する基板を用意する工程と、

前記基板の前記表面に、凹部、凸部、または凹部と凸部との組み合わせからなる立体形状要素を所定のパターンで形成する工程と、

前記立体形状要素が形成された前記基板に対して、前記結晶材料に含まれる元素を含む活性種を供給する工程と

を包含するコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 2】 前記立体形状要素のパターンに対応するパターンで、コーナーキューブの単位要素が形成される請求項 1 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 3】 前記立体形状要素を形成する工程は、前記基板の前記表面に対して異方性のエッチング処理を行なう工程を包含する請求項 1 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 4】 前記異方性のエッチング処理は、ウェットエッチングを含む請求項 3 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 5】 前記異方性のエッチング処理を行なう工程の前に、前記基板の前記表面上にエッチングマスク層を設ける工程をさらに包含し、前記エッチングマスク層のパターンに応じて、コーナーキューブの単位要素のサイズが制御される請求項 3 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 6】 前記立体形状要素は、前記結晶材料の $\{100\}$ 面によって規定される面を有する請求項 1 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 7】 前記活性種を供給する工程は、結晶面方位によって成長速度が異なる異方性の結晶成長を行なう工程を包含する請求項 1 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 8】 前記結晶成長によって、前記結晶材料の $\{100\}$ 面によっ

て規定される面を有するコーナーキューブの単位要素が形成される請求項 7 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 9】 前記結晶材料はガリウム砒素であり、前記結晶成長は、ガリウムまたはガリウムを含む化合物と、砒素または砒素を含む化合物との少なくとも一方を原料とする気相成長法によって行なわれる請求項 7 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 10】 前記活性種を供給する工程は、前記活性種と、前記基板をエッチングすることが可能な種との混合物を前記基板に供給する工程を包含する請求項 1 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 11】 前記結晶材料はガリウム砒素であり、前記活性種を供給する工程は、ガリウムまたはガリウムを含む化合物と、砒素または砒素を含む化合物との少なくとも一方、および、ハロゲンまたはハロゲン化合物を前記基板に対して供給する気相加工法によって行なわれる請求項 10 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 12】 前記活性種を供給する工程によって、互いに直交する 3 つの前記 { 1 0 0 } 面によって規定される 3 面を持つコーナーキューブの単位要素が形成される請求項 1 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 13】 前記 3 面は、互いに直交する略正方形の 3 面である請求項 12 に記載のコーナーキューブアレイの作製方法。

【請求項 14】 前記活性種を供給する工程によって前記基板に形成されたコーナーキューブアレイ形状を、他の材料に転写する工程をさらに包含する請求項 1 から 13 のいずれかに記載のコーナーキューブアレイの製造方法。

【請求項 15】 少なくとも表面部分が立方晶系の結晶材料からなる基板に形成されたコーナーキューブアレイであって、

前記結晶材料の { 1 1 1 } 面において所定のパターンで形成された凹部、凸部、または凹部と凸部との組み合わせからなる立体形状単位要素と、

前記立体形状要素上に成長させられた結晶層であって、前記結晶材料に含まれる元素を含む活性種を用いて、結晶面方位によって成長速度が異なる異方性の結晶成長を行なうことによって形成された結晶層と

を有するコーナーキューブアレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コーナーキューブアレイおよびその作製方法に関し、特に、表示装置などにおいて好適に用いられる微細な構造を持つコーナーキューブアレイの作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、マイクロレンズ、マイクロミラー、マイクロプリズムなどの、非常にサイズが小さい光学素子（マイクロ光学素子）の開発が進められており、光通信や表示装置の分野で利用されている。このようなマイクロ光学素子の実現によって、光学技術及びディスプレイ技術の分野が一段と発展・充実することが期待されている。

【0003】

このような光学素子として、立方体の一隅に対応する形状を持ち、互いに直交する3面を有するコーナーキューブを規則的に配列することで得られるコーナーキューブアレイを用いた反射板（コーナーキューブリフレクタ）が知られている。コーナーキューブリフレクタは、入射された光を複数の反射面で反射することによって入射方向にかかわらず光を元の方向に反射させる再帰性反射板の1つである。以下、コーナーキューブアレイの従来の作製方法を説明する。

【0004】

（プレート法）

プレート法では、互いに平行な二平面を持つ平板を複数枚重ねあわせ、この重ね合わせた平板の端面において、平面に対して直角な方向に等しいピッチでV溝を切削し、頂角が約90°の連続する屋根型の突起群を形成する。次に、各々の平板上に形成された屋根型突起群の屋根の頂部が隣接する平板上に形成されたV溝の底部に一致するように各平板を配置させることによってコーナーキューブアレイ用の金型を作製し、これを用いてコーナーキューブアレイを作製する。ただ

し、この方法では、屋根型の突起が形成された平板を隣接する平板に対して適切な位置関係を有するように精度良く並べ換えて固定する必要があるため、サイズの小さい（例えば $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下）コーナーキューブのアレイを作製することは困難である。

【0005】

（ピン結束法）

ピン結束法では、六角柱形状を有する金属のピンの先端に、互いに直交する正方形の3面を有するプリズムを設け、それらを何本も束ねてプリズム集合体を作製する。近接する3つのピンのそれぞれに設けられたプリズムの各1面ずつを用いてコーナーキューブが形成される。ただしこの方法では、別々のピンに形成されたプリズムを集めてコーナーキューブを形成するため、サイズの小さいコーナーキューブを作製することは実際には困難である。この方法を用いて作製できるコーナーキューブの寸法は 1 mm 程度が限界である。

【0006】

（三角プリズム法）

三角プリズム法では、金属等の平板の表面に三方向からV溝を切削することによって三角錐状の複数の突起を形成し、これを型として用いてプリズム集合体を形成する。ただし、この方法では、形成可能なプリズム形状が三角錐状のプリズムに限定される。

【0007】

また、特開平7-205322号公報には、光化学的な手法を用いてコーナーキューブアレイを作製する方法が記載されている。この方法では、複数の正三角形の透過領域を有するマスクを用いてフォトレジストのパターニングを行なうが、マスクの各透過領域の透過率は、透過領域の中心部から周辺部に向かって次第に減少している。このマスクを用いて露光および現像を行なうことによって、複数の三角錐状のフォトレジストが基板上に形成される。このフォトレジストが形成された基板に対して所定の方法でエッチングを行なうことによって、基板上にはフォトレジストの形状と同様の突起が形成される。これによりコーナーキューブを作製することが可能である。

【 0 0 0 8 】

さらに、Applied Optics Vol.35, No19 pp3466-3470における”Precision crystal corner cube arrays for optical gratings formed by (100) silicon planes with selective epitaxial growth”と題された論文には、互いに直交する正方形の3面からなる立方体型のコーナーキューブを微細なサイズで作製する技術が記載されている。この論文によれば、シリコン基板の(111)面上に、結晶成長を制御するための酸化膜を局所的に配置し、この基板上で結晶をエピタキシャル成長させることによって、微細なコーナーキューブアレイを作製することが可能である。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

このようなコーナーキューブリフレクタは、液晶ディスプレイなどの表示装置において用いられ、例えば米国特許第5, 182, 663号においてコーナーキューブリフレクタを備える液晶表示装置が記載されている。ただし、表示装置に用いる場合、コーナーキューブのサイズは非常小さい(例えば100 μ m以下)ことが要求される。これは、コーナーキューブ(単位要素)のサイズが表示装置の画素よりも大きいと、再帰反射された光が所望でない画素を通過するおそれがあり、これによって混色の問題などが発生するからである。

【 0 0 1 0 】

しかしながら、上述のプレート法、ピン結束法などのような機械的にコーナーキューブを作製する方法では、このような微細なコーナーキューブを形成することは製造工程上困難である。また、上述のような方法を用いてコーナーキューブリフレクタを作製した場合、各反射面の鏡面性が低くなり、反射面の交差部におけるコーナー曲率(R)が大きくなるため、再帰反射させる効率が低くなるという問題も生じる。また、上記の三角プリズム法では、凹部と凸部とを含む立体形状を有する直交する正方形3面から構成される立方体型のコーナーキューブを作製することができない。

【 0 0 1 1 】

また、上記特開平7-205322号公報に記載されているような光化学的な

手法を用いて作製されたマイクロコーナーキューブは、面精度（平面性）を高くすることが困難である。上記手法では、マイクロコーナーキューブの側面の面精度は、基板上に形成する三角錐状のフォトレジストの面精度に依存し、このフォトレジストの面精度を高めるには、マスクの透過率または遮光率の変化率を均一にするなどして、フォトレジストの露光・現像プロセスを厳密に制御する必要がある。しかし、このようなことは実際には困難である。

【 0 0 1 2 】

また、シリコンの選択成長を利用したApplied Optics Vol.35, No.19に記載されている手法では、結晶の側方成長を制御することが難しい。また、コーナーキューブのパターンを決定するためにシリコン基板上にはシリコン酸化膜が設けられるが、このシリコン酸化膜と成長させる膜との端面での歪みの影響が大きい。このようなことから、良好な形状を持つマイクロコーナーキューブアレイを作製することは困難である。

【 0 0 1 3 】

本発明は、上記従来技術の問題点を鑑みてなされたものであり、微細で且つ形状精度が高いコーナーキューブアレイおよびその製造方法を提供することをその目的とする。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明によるコーナーキューブアレイの作製方法は、少なくとも表面部分が立方晶系の結晶材料からなる基板であって、前記結晶材料の{1 1 1}面と実質的に平行な表面を有する基板を用意する工程と、前記基板の前記表面に、凹部、凸部、または凹部と凸部との組み合わせからなる立体形状要素を所定のパターンで形成する工程と、前記立体形状要素が形成された前記基板に対して、前記結晶材料に含まれる元素を含む活性種を供給する工程とを包含する。

【 0 0 1 5 】

ある好ましい実施形態において、前記立体形状要素のパターンに対応するパターンで、コーナーキューブの単位要素が形成される。

【 0 0 1 6 】

ある好ましい実施形態において、前記立体形状要素を形成する工程は、前記基板の前記表面に対して異方性のエッチング処理を行なう工程を包含する。

【0017】

ある好ましい実施形態において、前記異方性のエッチング処理は、ウェットエッチングを含む。

【0018】

ある好ましい実施形態において、前記異方性のエッチング処理を行なう工程の前に、前記基板の前記表面上にエッチングマスク層を設ける工程をさらに包含し、前記エッチングマスク層のパターンに応じて、コーナーキューブの単位要素のサイズが制御される。なお、ある好ましい実施形態において、前記エッチングマスク層は、それぞれの重心位置が略ハニカム格子点上に位置する複数の前記マスク部を有する。

【0019】

ある好ましい実施形態において、前記立体形状要素は、前記結晶材料の{100}面によって規定される面を有する。

【0020】

ある好ましい実施形態において、結晶材料は、閃亜鉛構造またはダイヤモンド構造をとる。

【0021】

ある好ましい実施形態において、前記活性種を供給する工程は、結晶面方位によって成長速度が異なる異方性の結晶成長を行なう工程を包含する。

【0022】

ある好ましい実施形態において、前記結晶成長によって、前記結晶材料の{100}面によって規定される面を有するコーナーキューブの単位要素が形成される。

【0023】

ある好ましい実施形態において、前記結晶材料はガリウム砒素であり、前記結晶成長は、ガリウムまたはガリウムを含む化合物と、砒素または砒素を含む化合物との少なくとも一方を原料とする気相成長法によって行なわれる。

【 0 0 2 4 】

ある好ましい実施形態において、前記活性種を供給する工程は、前記活性種と、前記基板をエッチングすることが可能な種との混合物を前記基板に供給する工程を包含する。

【 0 0 2 5 】

ある好ましい実施形態において、前記結晶材料はガリウム砒素であり、前記活性種を供給する工程は、ガリウムまたはガリウムを含む化合物と、砒素または砒素を含む化合物との少なくとも一方、および、ハロゲンまたはハロゲン化合物を前記基板に対して供給する気相加工法によって行なわれる。

【 0 0 2 6 】

ある好ましい実施形態において、前記活性種を供給する工程によって、互いに直交する3つの前記 { 1 0 0 } 面によって規定される3面を持つコーナーキューブの単位要素が形成される。

【 0 0 2 7 】

ある好ましい実施形態において、前記3面は、互いに直交する略正方形の3面である。

【 0 0 2 8 】

ある好ましい実施形態において、前記活性種を供給する工程によって前記基板に形成されたコーナーキューブアレイ形状を、他の材料に転写する工程をさらに包含する。

【 0 0 2 9 】

あるいは、本発明のコーナーキューブアレイは、少なくとも表面部分が立方晶系の結晶材料からなる基板に形成されたコーナーキューブアレイであって、前記結晶材料の { 1 1 1 } 面において所定のパターンで形成された凹部、凸部、または凹部と凸部との組み合わせからなる立体形状単位要素と、前記立体形状要素上に成長させられた結晶層であって、前記結晶材料に含まれる元素を含む活性種を用いて、結晶面方位によって成長速度が異なる異方性の結晶成長を行なうことによって形成された結晶層とを有する。

【 0 0 3 0 】

【発明の実施の形態】

本発明によるコーナーキューブアレイの作製方法では、閃亜鉛構造を有する化合物半導体やダイヤモンド構造を有する結晶材料から形成した基板などの、立方晶系の結晶材料からなる単結晶基板（以下、「立方晶単結晶基板」と呼ぶ場合もある）を用いてコーナーキューブアレイを作製する。なお、本明細書において「結晶材料の $\{111\}$ 面と実質的に平行な表面を有する基板」は、結晶材料の $\{111\}$ 面に対して平行な表面を有する基板だけでなく、 $0^\circ \sim 10^\circ$ 傾いた表面を有する基板を含むものとする。また、本明細書において、立方晶単結晶基板は、少なくとも表面部分が立方晶系の結晶材料からなる基板であればよく、非晶質や多結晶の材料からなる支持基板の上に単結晶層を有する基板を含むものとする。また、平板状のものだけでなく、平坦な表面を含む限り種々の立体形状を有し得る。

【0031】

より具体的には、表面が結晶材料の $\{111\}$ 面と実質的に平行に配置されている立方晶単結晶基板を用意し、この基板の表面において所定のパターンで配列される凹部、凸部、または凹部と凸部との組み合わせ（立体形状要素）を形成する。その後、このように凹部や凸部が形成された基板に対して、上記の立方晶系の結晶材料（以下、基板材料ともいう）に含まれる元素を含む活性種を基板に対して供給することによってコーナーキューブアレイを作製する。なお、立方晶系の結晶材料に含まれる活性種を基板に対して供給するという場合、典型的には、結晶材料に含まれる元素と同じ元素を含むガスや液体などを基板に接触させることを言う。例えば、基板がガリウム砒素単結晶基板の場合に、上述の活性種は、トリメチルガリウムや、 AsCl_3 であり得る。

【0032】

この活性種を供給する工程は、例えば、結晶面方位によって成長速度が異なる異方性の結晶成長を行なう工程を包含する。この場合、供給された活性種によって所定の結晶面が選択的に成長され得るが、このとき、基板に形成された立体形状要素の形状や配列パターンによって結晶成長が生じる場所などが規制され得る。従って、立体形状要素を適切なパターンや形状で形成しておけば、成長した結

晶の所定の結晶面によって構成される、所望の形状およびパターンを有する凹凸が設けられた基板を得ることが可能である。このような方法を利用することによって、所定の結晶面で構成された凹凸からなるコーナーキューブアレイを基板上に作製することができる。

【 0 0 3 3 】

得られたコーナーキューブアレイは、立方晶系結晶の結晶面に沿う形状を有しており、その形状精度が非常に高い。各コーナーキューブを構成する3面の平面性は良好であり、各面が交わる部分（角部または稜）の形状はシャープである。上記のコーナーキューブアレイは、規則的に配列された複数の凹凸を含む立体形状をとり得るが、各凹凸の頂点の高さレベルが揃っており、これらが略同一の面内に位置する。このようなコーナーキューブアレイを用いることで、再帰反射性の良好な再帰性反射板が得られる。

【 0 0 3 4 】

また、本発明の方法によって作製されるコーナーキューブアレイにおける単位要素（1つのコーナーキューブ）のサイズは、基板に形成される立体形状要素の配列ピッチなどを適切に選択することによって制御される。この立体形状要素は、例えば、所定のエッチングマスクを用いてウエットエッチングなどによって形成することが可能であり、その配列ピッチは数十 μm 以下に設定され得る。この場合、数十 μm 以下のサイズを有するコーナーキューブのアレイを作製することが可能である。従って、液晶表示装置などに用いられる再帰性反射板として好適に使用される微細なコーナーキューブアレイが得られる。

【 0 0 3 5 】

なお、本願出願人と同一の出願人によって、立方晶系の単結晶基板に異方性エッチング処理のみでマイクロコーナーキューブアレイを作製する方法が特願 2 0 0 1 - 1 8 1 1 6 7 号に記載されている。ただしこの方法では、エッチング条件が適切に選択されていないと、コーナーキューブ形状が得られない、または、コーナーキューブを構成する面の歪みが大きくなるという問題が生じる。このため、所望のコーナーキューブアレイを得るために適切なエッチング条件を選択することが必要となるが、このことは比較的容易ではない。

【 0 0 3 6 】

これに対し、本発明のように基板に立体形状要素を形成した後に活性種を供給するようにすれば、所望の形状のコーナーキューブアレイを比較的容易に作製することが可能である。

【 0 0 3 7 】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。なお、図面を通じて同様の部材には同一の参照符号を付している。

【 0 0 3 8 】

(実施形態 1)

本実施形態 1 では、立方晶単結晶基板として、閃亜鉛構造を有するガリウム砒素結晶から形成される基板を用い、この基板にウェットエッチングによって所定のパターンで立体形状要素を形成した後、異方性の結晶成長プロセスを行なうことによって、マイクロコーナーキューブアレイを作製する。

【 0 0 3 9 】

図 1 (a) ～ (e) および図 2 (a) ～ (e) は、本実施形態のマイクロコーナーキューブアレイの作製工程を示している。まず、表面が $\{111\}$ B 面と実質的に平行であるガリウム砒素基板 1 を用意する。なお、ガリウムが形成する $\{111\}$ 面が $\{111\}$ A 面であり、砒素が形成する $\{111\}$ 面が $\{111\}$ B 面である。この基板 1 の表面は、鏡面に仕上げられる (図 1 (a) および図 2 (a)) 。

【 0 0 4 0 】

次に、基板表面上に、スピコート法によって厚さ約 $1 \mu\text{m}$ のポジ型フォトリソ層を形成する。フォトリソ層の材料としては例えば OFPR-800 (東京応化社製) を用いることができる。このフォトリソ層を約 100° で 30 分間プリベークした後、フォトリソ層上にフォトマスクを配置して露光を行う。

【 0 0 4 1 】

フォトマスクとしては、図 3 に示すように、正三角形の遮光領域 5 a および透過領域 5 b が三角形の辺方向のそれぞれにおいて互いに逆向きに交互に設けられ

たフォトマスク 5 を用いることができる。フォトマスク 5 は、遮光領域 5 a のパターンである正三角形のいずれかの一边が、ガリウム砒素結晶の $\langle 01-1 \rangle$ 方向と平行になるように基板上に配置される。なお、本実施形態では、遮光領域 5 a のパターンである正三角形の一边の長さを約 $10\ \mu\text{m}$ にしている。

【0042】

このレジスト層を、現像液（例えば、NMD-32.38%（東京応化社製））を用いて現像することによって、図 1（b）または図 2（b）に示すように、基板 1 上にはパターニングされたレジスト膜 2 が形成される。上述のようなフォトマスク 5 を用いて形成された略正三角形のレジスト膜 2 は、その一边がガリウム砒素結晶の $\langle 01-1 \rangle$ 方向と平行になるように配置される。すなわち、レジスト膜 2 の各辺が、結晶の $\{100\}$ 面と平行になるように配置される。なお、本明細書では、レジスト膜 2 をマスク部と呼ぶことがあり、また、このマスク部と、レジスト層が除去された部分である開口部とを合わせてエッチングマスク層と呼ぶことがある。

【0043】

本実施形態では、このレジスト膜 2 の配列パターンに応じて、形成されるコーナーキューブのサイズが制御され得る。より具体的には、形成されるコーナーキューブのサイズは、レジスト膜 2 のピッチ P_0 （ここでは約 $10\ \mu\text{m}$ ）と略同等のサイズとなる。

【0044】

なお、エッチングマスク層のパターンは、図 2（b）に示すものに限らず、種々のものとすることができる。ただし、コーナーキューブを好適に作製するためには、エッチングマスク層のマスク部（残存するレジスト膜 2）における所定の点（例えば重心位置）が、ハニカム格子点上に配列されることが望ましい。ここでハニカム格子点とは、合同な正六角形を隙間なく敷きつめた場合における、各正六角形の頂点と各正六角形の重心点とに対応する点を指す。あるいは、第 1 の方向に延びる等間隔（所定間隔）の複数の平行線と、上記第 1 の方向とは 60° 異なる第 2 の方向に延びる、等間隔かつ上記所定間隔と同一の間隔の複数の平行線との交点に対応する点を指す。また、エッチングマスク層のマスク部は、好適

には、三角形または六角形などの 3 回の回転対称形状を有している。

【 0 0 4 5 】

次に、磁石攪拌器でエッチング液を攪拌させながらウエットエッチング工程を行う（図 1（c）および図 2（c））。エッチング液としては、例えば、 $\text{NH}_4\text{OH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 2 : 7$ の混合液を使用することができ、エッチング温度は約 20 度とし、エッチング時間は約 60 秒とすることができる。

【 0 0 4 6 】

このエッチング工程において、ガリウム砒素結晶の $\{100\}$ 面（ (100) 面、 (010) 面、および (001) 面）は、他の結晶面に比べてエッチングされにくいいため、この $\{100\}$ 面が露出するように異方性のエッチングが進行する。ただし、このエッチング工程では、 $\{111\}$ B 面と $\{100\}$ 面とのエッチング速度比 $R\{111\} / R\{100\}$ が 1.7 程度であるため、開口部から $\{111\}$ B 面方向にエッチングされる量 d_1 と $\{100\}$ 面方向にエッチングされる量 d_2 とは図 4 に示すような関係になる。

【 0 0 4 7 】

この結果、頂点 3a が形成された段階で底面（平坦部）3b が残った立体形状 3 が形成されることになる。このように、本実施形態では、図 1（c）および図 2（c）に示すように、立体形状要素として、マスク部 2 の下に頂点を有する凸部 3 が基板 1 に形成される。

【 0 0 4 8 】

この凸部 3 は、互いに直交する 3 つの $\{100\}$ 面で規定される直角二等辺三角形の面を備えた三角錐形状（すなわち、立方体の一隅に対応する三角錐形状）をなす。また、この凸部 3 は、ハニカム格子点上に形成され、これらの配列ピッチは、マスク部 2 のピッチ P_0 と同様になる。

【 0 0 4 9 】

なお、上記のウエットエッチング工程によって形成される凹凸形状は、エッチング液の種類や、エッチング時間などのエッチング条件に応じて変化し得る。例えば、上記のエッチング速度比 $R\{111\} / R\{100\}$ がより大きい場合（例えば、1.8 以上の場合）には、図 4 に示した場合に比べて平坦部 3b の面積

はより小さくなる。また、上述のような凸部ではなく、凹部または凹部と凸部とを組み合わせた立体形状要素が配列される場合もある。本発明において基板上に形成される立体形状要素は、このように三角錐状凸部以外の形状を有する立体形状要素であり得るが、これらはハニカム格子点上に配列されることが望ましい。

【 0 0 5 0 】

次に、上述の異方性のエッチングにより三角錐状の凸部 3 が所定のパターンで形成された基板 1 を、アセトンなどの有機溶媒中で超音波洗浄することによって、基板 1 上に残存しする不要なレジスト膜などを除去する（図 1（d）および図 2（d））。

【 0 0 5 1 】

その後、気相成膜装置を用いて、立体形状要素が形成された基板面において異方性の結晶成長プロセスを行なう。なお、気相成膜装置としては、VPE（気相薄膜成長法）、MBE（分子線薄膜成長法）、MOVPE（有機金属気相薄膜成長法）などのエピタキシャル成長法による薄膜形成のために用いられる公知の装置を利用することができる。気相成膜装置内には、トリメチルガリウム（ $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ）およびアルシン（ AsH_3 ）が導入される。これらのガスを、例えば、10 Torr の減圧環境下、基板を 630℃ に加熱した状態で 100 分間流すことによって所望の結晶成長プロセスを実行することができる。

【 0 0 5 2 】

この結晶成長プロセスにおいて、ガリウム砒素基板を形成する結晶材料（ガリウムおよび砒素）と同じ元素を含むガスが基板面に接触させられる（すなわち、基板に対して活性種が供給される）が、基板に予め形成されている立体形状要素（凸部 3）の影響により、結晶の $\{111\}$ B 面の法線方向には結晶成長が生じず、 $\{100\}$ 面の法線方向に沿って選択的にガリウム砒素結晶が成長する。すなわち、トリメチルガリウムガスおよびアルシンに含まれる活性種が底面の $\{111\}$ B 面では反応を生じさせず、側壁をなす $\{100\}$ 面において優先的に成長が起こり、結晶面方位によって成長速度が異なる異方性の結晶成長が行なわれる。

【 0 0 5 3 】

このような結晶成長工程において、所定の結晶面（ $\{100\}$ 面）が選択的に成長するが、このとき、立体形状要素によって、結晶成長が生じる場所などが決定され得る。このため、上述のように、基板に予め適切な形状の立体形状要素を適切なパターンで形成しておけば、所定の結晶面によって構成されるコーナーキューブのアレイを形成することが可能である。

【0054】

なお、結晶成長を生じさせるために用いられる活性種は、典型的には、基板を構成する結晶材料と同じ元素（本実施形態では、ガリウムまたは砒素）を含むガスとして供給される。このように活性種を含むガスとしては、典型的には、上述のトリメチルガリウムガスやアルシンなどのように、基板を構成する材料と同じ元素を含む分子（ガリウムまたはガリウム化合物と砒素または砒素化合物との少なくとも一方）のガスが用いられる。これは、基板の表面部分を構成する結晶材料と格子整合した結晶を適切に成長させることができるからである。

【0055】

このような異方性の選択的な結晶成長が生じる結果、結晶層4が凸部3上に形成される。これによって、図5（a）および（b）に示すように、成長した結晶の $\{100\}$ 面によって規定される3面S1～S3を有するコーナーキューブの単位要素10Uがアレイ状に形成され、コーナーキューブアレイ10を得ることができる（図1（e）および図2（e））。コーナーキューブの単位要素10Uを構成する3面S1～S3は、互いに直交する3つの略正方形の面である。また、このようにして作製されたコーナーキューブアレイ10は、図5（a）および（b）からわかるように凸部10aと凹部10bとが組み合わさった立体形状を有している。このコーナーキューブ単位要素は、上面からみたときには正六角形を示す。

【0056】

また、コーナーキューブの単位要素10Uは、凸部3の配列パターンに対応するパターンで形成される。すなわち、コーナーキューブの単位要素のサイズは、凸部3の配列パターン（配列ピッチ）によって規定され得、これを十数 μm 程度と非常に小さくすることができる。

【 0 0 5 7 】

以上、本実施形態のコーナーキューブアレイの作製方法について説明したが、上記とは異なるエッチングマスク層を用いた場合にもコーナーキューブアレイを作製することができる。例えば、上記には図 2 (b) に示すように、何れかの辺が結晶の $\langle 0\ 1\ -1 \rangle$ 方向に平行に配置されたマスク部 2 を用いてエッチングを行なう形態を説明したが、マスク部 2 の正三角形のいずれか一辺が、ガリウム砒素結晶の $\langle 0\ 1\ 1 \rangle$ 方向に平行となるように配置されたエッチングマスク層を用いてもよい。

【 0 0 5 8 】

このようなエッチングマスク層を用いて、上記と同様のウェットエッチング工程を行なった場合（すなわち、エッチング速度比 $R(1\ 1\ 1)/R(1\ 0\ 0)$ が約 1.7 の場合）には、底点と頂点とを有した、凹部と凸部とから構成される立体形状要素が形成される。ただし、この場合には、立体形状要素を構成する面に歪みが生じることがある。しかしながら、この基板を上記と同様の条件で気相成膜装置にて結晶成長されれば、 $\{1\ 0\ 0\}$ 面を選択的に成長させることができるため、平坦な $\{1\ 0\ 0\}$ の 3 面からなるコーナーキューブアレイ 10 を得ることが可能である。

【 0 0 5 9 】

以上のようにして作製されたコーナーキューブアレイを再帰性反射板として用いる場合、上記凹凸が形成されたガリウム砒素基板上に、例えば蒸着法などによって、凹凸の表面形状に沿うように略一様な厚さ（例えば 200 nm）でアルミニウムや銀などの反射性材料の薄膜を形成する。これにより、直交する 3 つの略正方形の反射面を備える再帰性反射板（コーナーキューブリフレクタ）を作製することができる。作製されたコーナーキューブリフレクタは、例えば、反射型液晶表示装置（例えば、高分子分散型液晶表示装置（米国特許第 5, 182, 663 号に記載）や、有機 EL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイなどにおいて好適に用いられ得る。

【 0 0 6 0 】

なお、コーナーキューブアレイ 10 が形成された基板 1 から、電鍍法などによ

ってコーナーキューブアレイの金型を作製してもよい。このようにして形成された金型を用いて、ローラなどを用いて樹脂材料などに基板 1 の表面形状を転写するようにすれば、コーナーキューブアレイを量産することが可能である。

【0061】

なお、以上にはガリウム砒素単結晶基板を用いる例を説明したが、InP、InAs、ZnS、GaPなどの他の閃亜鉛構造をとる化合物から形成される単結晶基板を用いることも可能である。さらに、ゲルマニウム結晶などのダイヤモンド構造を有する単結晶基板を用いることも可能である。

【0062】

(実施形態 2)

本実施形態 2 では、ガリウム砒素基板にウェットエッチングによって所定のパターンで立体形状要素（凸部）を形成した後、基板を構成する結晶材料に含まれる元素と同じ元素を含む活性種を基板に供給しながらドライエッチングを行なうことによって、マイクロコーナーキューブアレイを作製する。

【0063】

図 6 (a) ~ (e) および図 7 (a) ~ (e) は、本実施形態のマイクロコーナーキューブアレイの作製工程を示している。まず、実施形態 1 と同様に、表面が {111} B 面と実質的に平行であるガリウム砒素基板 21 を用意し、この表面を、鏡面に仕上げる（図 6 (a) および図 7 (a)）。

【0064】

次に、実施形態 1 と同様に、基板 21 上にスピンコート法によって厚さ約 $1\mu\text{m}$ のフォトレジスト層を形成した後、図 3 に示すフォトマスク 5 を用いて、露光工程および現像工程を行う。ただし、フォトマスク 5 は、遮光領域 5a のパターンである正三角形のいずれかの一边がガリウム砒素結晶の $\langle 011 \rangle$ 方向と平行になるように基板上に配置される。これによって、図 6 (b) または図 7 (b) に示すように、その一边がガリウム砒素結晶の $\langle 011 \rangle$ 方向と平行な略正三角形のレジスト膜（マスク部）22 のパターンが基板上に形成される。なお、本実施形態においても、マスク部 22 の正三角形の一边の長さを約 $10\mu\text{m}$ にしている。

【 0 0 6 5 】

次に、磁石攪拌器でエッチング液を攪拌させながらウエットエッチング工程を行う（図 6（c）および図 7（c））。エッチング液としては、例えば、 $\text{NH}_4\text{OH} : \text{H}_2\text{O}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 2 : 7$ の混合液を使用することができ、エッチング温度は約 20 度とし、エッチング時間は約 60 秒とすることができる。

【 0 0 6 6 】

このエッチング工程において、ガリウム砒素単結晶の {100} 面（（100）面、（010）面、および（001）面）は、他の結晶面に比べてエッチングされにくいため、この {100} 面が露出するように異方性のエッチングが進行する。ただしこのエッチング工程では、マスク部 22 の辺を $\langle 011 \rangle$ 方向と平行に設けているために、底点と頂点とを有した、凹部と凸部とから構成される立体形状要素が形成される。また、形成される面に歪みが生じる。このようにして、図 6（c）および図 7（c）に示すような、コーナーキューブアレイ形状に類似した丸みを帯びた立体形状 23 が基板に形成される。

【 0 0 6 7 】

この立体形状 23 を有する基板 1 を、アセトンなどの有機溶媒中で約 10 分間超音波洗浄することによって、基板 1 上に残存する不要なレジスト膜などを除去する（図 6（d）および図 7（d））。次に、レジスト膜が除去された基板 1 に対して、エタノール置換を行ない、純水流水洗浄を約 10 分間行った後、これを気相加工装置内に收容する。なお、気相加工装置としては、例えば、公知のドライエッチング装置を利用することができる。

【 0 0 6 8 】

気相加工装置において、装置内を 10^{-8} Torr のオーダーまで排気し、減圧環境下で基板 1 を約 600℃ に加熱した後、エッチングガスと、基板と同じ元素を含む付加的なガス（活性種）とを約 60 分間流す。このようにして、エッチングガスと付加的なガスとを同時に基板に接触させるようなドライエッチング工程を行なう。本実施形態では、エッチングガスとして三塩化砒素ガスが用いられており、付加的なガスとしてトリメチルガリウムが用いられている。

【 0 0 6 9 】

このドライエッチング工程では、使用するエッチングガスが基板表面と化学的に反応するが、基板における結晶面のそれぞれに対するエッチングガスの反応性が異なることで、エッチング速度も各結晶面でそれぞれ異なる。これによって、結晶の{100}面が残るように異方性のドライエッチングが進行する。また、エッチングガスと同時に、基板の表面部分を構成する結晶材料に含まれる元素を含む活性種（付加的なガス）を基板に供給しているので、{100}面の形成が促進され、より平坦な面を形成することができる。

【0070】

なお、本実施形態で使用される活性種を含む付加的なガスおよびエッチングガスは上記のものに限られない。この付加的なガスとしては、ガリウムまたはガリウムを含む化合物と、砒素または砒素を含む化合物との少なくとも一方を含むガスが用いられ得る。また、エッチングガスとしては、ハロゲンまたはハロゲン化合物を含むガスが好適に用いられ得る。

【0071】

また、エッチングガスとしては、エッチングガスと基板とが反応してできた生成物の蒸気圧が高く、生成物が気体になるようなガスを用いることが望ましい。これらの理由から、上述の三塩化砒素ガスのようなハロゲン化合物ガスなどがエッチングガスとして好適に用いられる。なお、上記の条件を満たすガスとしては他に水素ガスも挙げられる。

【0072】

なお、ハロゲン化合物をエッチングガスとして用いてガリウム砒素基板をエッチングする手法自体は従来から知られている。例えば、塩化水素を用いた方法は Surface Science 312,181 (1994)に記載されており、三塩化水素を用いた方法は Journal of Crystal Growth 164,97 (1994)に記載されている。また、三臭化砒素をエッチングガスとして用いてガリウム砒素基板をエッチングする方法が、特開平8-321483号公報に記載されている。これらには、ハロゲン化合物をエッチャントとして用いれば、非常に高い加工性でエッチングが行なわれることが記載されている。本実施形態では、このような精度の高いエッチング方法をマイクロコーナーキューブアレイの作製に利用することで、非常に再帰率の高

い反射板を作製することを可能にしている。

【0073】

このように、本実施形態では、結晶の{100}面が残るようにエッチングが進行するが、上述のような活性種を含むガスを供給することによって、結晶成長とエッチングとの両プロセスが適切に行われ、{100}面が好適に形成される。その結果、3つの{100}面からなるコーナーキューブ単位要素からなるコーナーキューブアレイ30が作製される。このようにして形成されたコーナーキューブアレイ30は、図5に示した実施形態1のコーナーキューブアレイ10と同様の形状を有する。

【0074】

なお、本実施形態においても、実施形態1と同様に、コーナーキューブアレイ10が形成された基板1から、電鍍法などによってコーナーキューブアレイの金型を作製し、ローラなどを用いて樹脂材料などに基板1の表面形状を転写することでコーナーキューブアレイを作製してもよい。

【0075】

また、基板として、InP、InAs、ZnS、GaPなどの他の閃亜鉛構造をとる化合物から形成される単結晶基板を用いることも可能である。さらに、ゲルマニウム結晶などのダイヤモンド構造を有する単結晶基板を用いることも可能である。

【0076】

【発明の効果】

本発明によれば、立方晶単結晶基板の{111}面に対して、所定のパターンで立体形状要素（凹部、凸部、または凹部と凸部との組み合わせ）を形成した上で、基板の表面部分を構成する結晶材料に含まれる元素を含む活性種を供給することによって、形状精度の高いコーナーキューブアレイを微細なサイズで作製することが可能である。このようにして作製されたコーナーキューブアレイを用いれば、再帰性反射率に優れたコーナーキューブリフレクタを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態 1 にかかるコーナーキューブアレイの作製工程を示す断面図であり、(a)～(e)はそれぞれ別の工程を示す。

【図 2】

図 1 に示す作製工程を示す平面図であり、(a)～(e)はそれぞれ別の工程を示す。

【図 3】

本発明の実施形態 1 にかかるコーナーキューブアレイの作製方法において用いられるマスクを示す平面図である。

【図 4】

本発明の実施形態 1 にかかるコーナーキューブアレイの作製工程において、立体形状要素が作製される様子を説明するための図である。

【図 5】

本発明の実施形態 1 および 2 によって作製されたコーナーキューブアレイの一部を示す図であり、(a)は平面図、(b)は斜視図である。

【図 6】

本発明の実施形態 2 にかかるマイクロコーナーキューブアレイの作製工程を示す断面図であり、(a)～(e)はそれぞれ別の工程を示す。

【図 7】

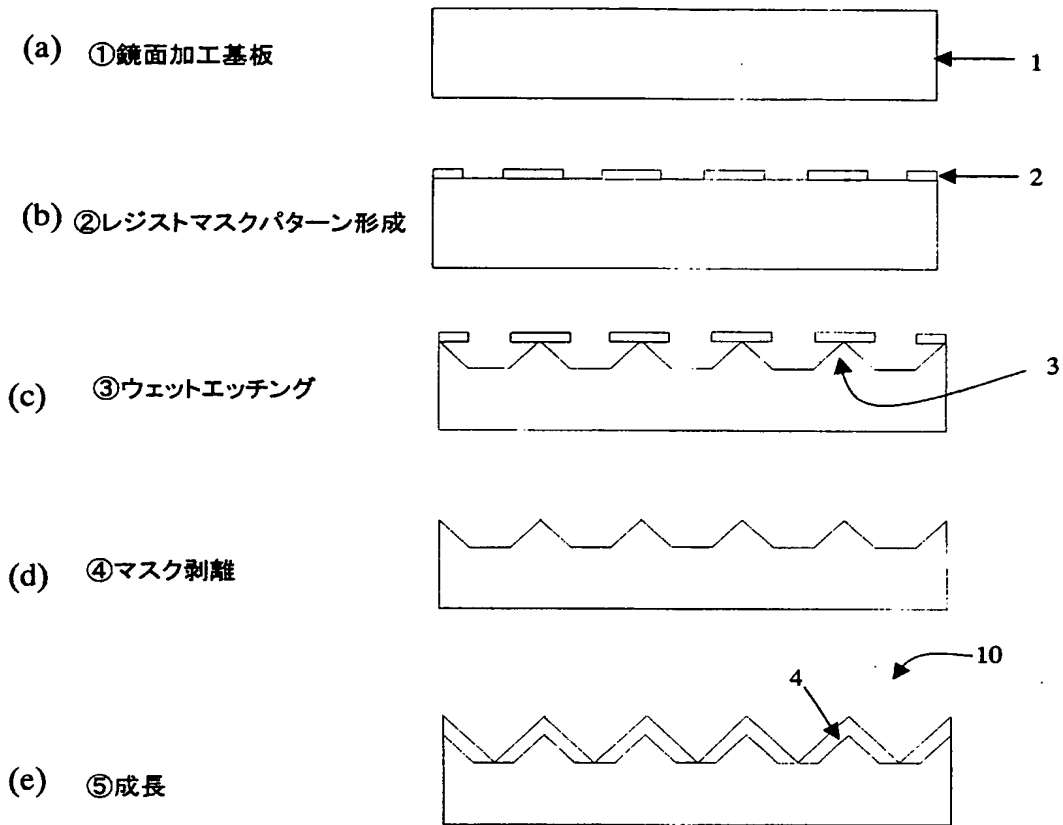
図 6 に示す作製工程を示す平面図であり、(a)～(e)はそれぞれ別の工程を示す。

【符号の説明】

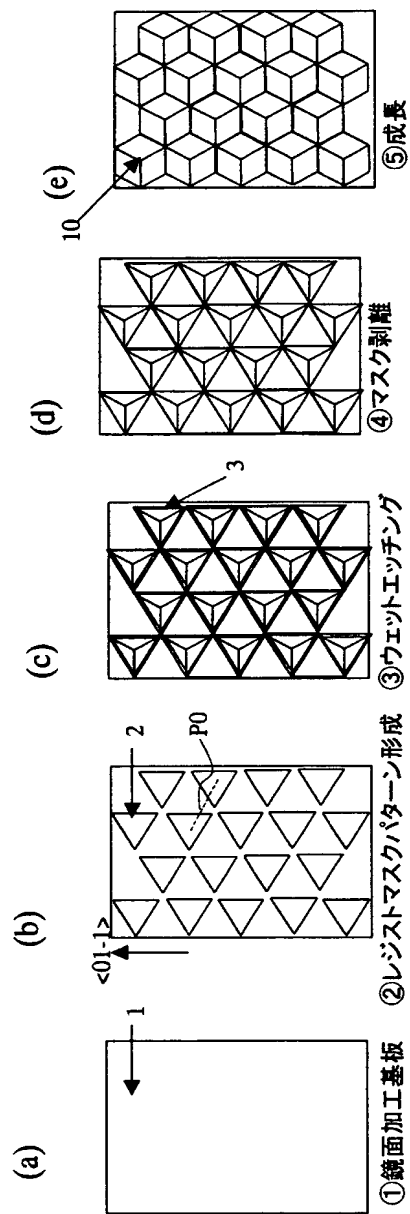
- 1 ガリウム砒素基板
- 2 レジスト膜（エッチングマスク層のマスク部）
- 3 立体形状要素
- 4 結晶層
- 5 フォトマスク
- 10 コーナーキューブアレイ
- 10U コーナーキューブの単位要素

【書類名】 図面

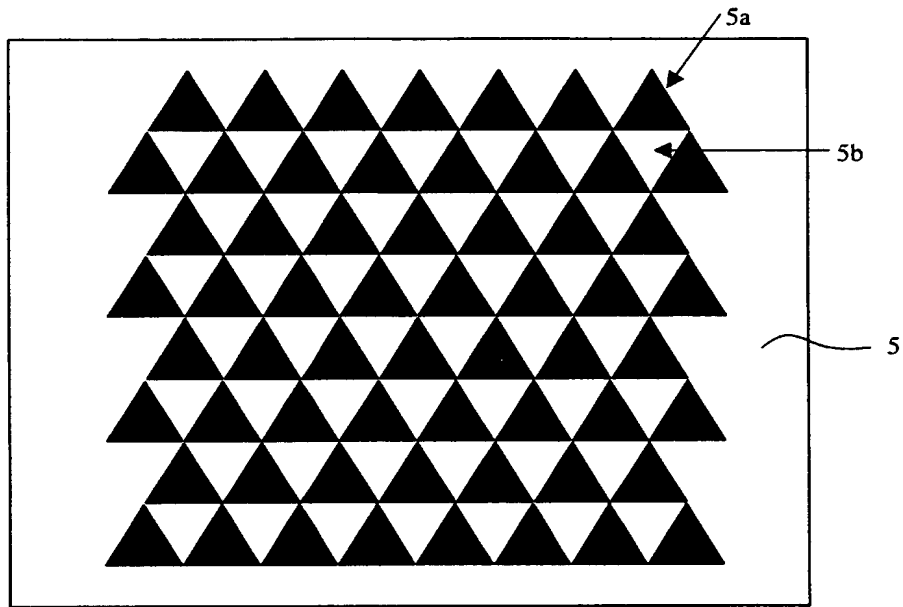
【図 1】



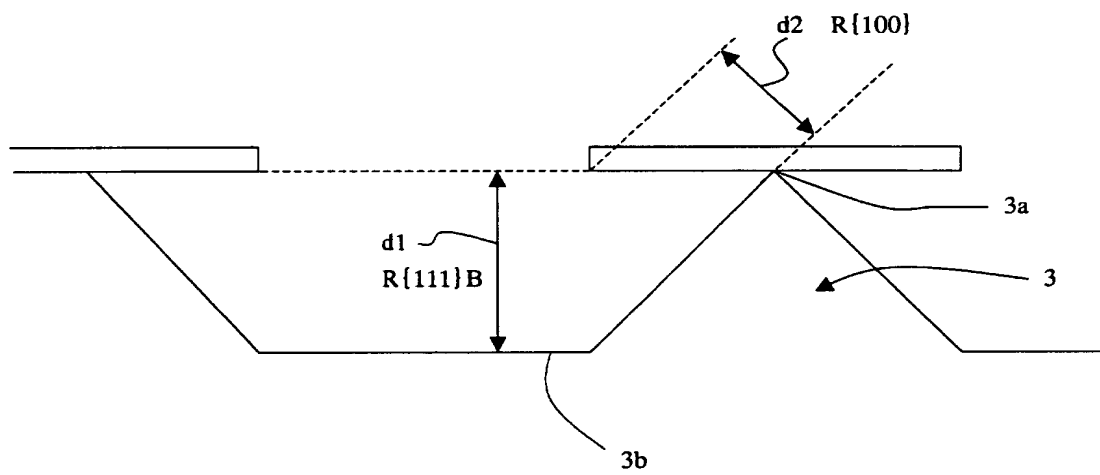
【図 2】



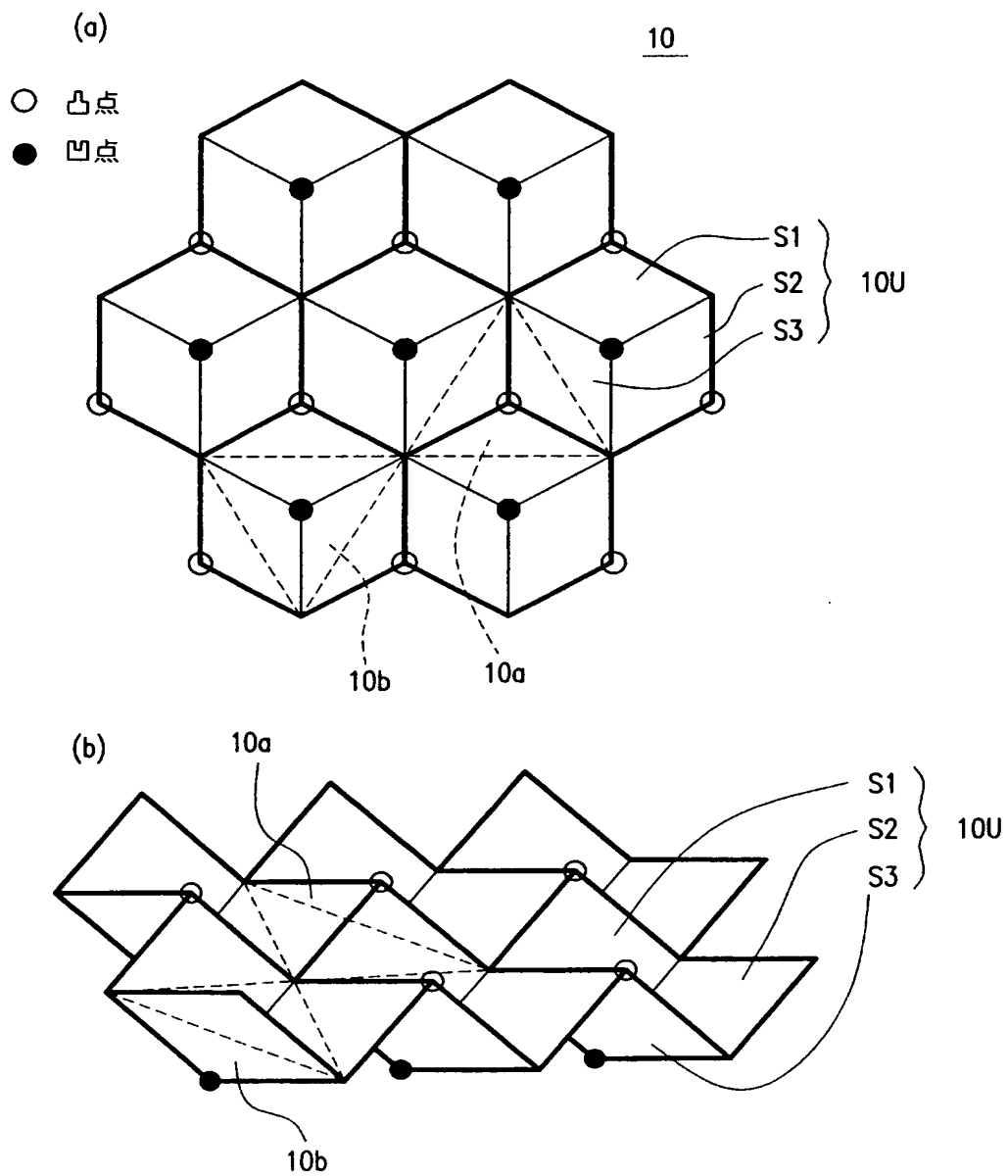
【図 3】



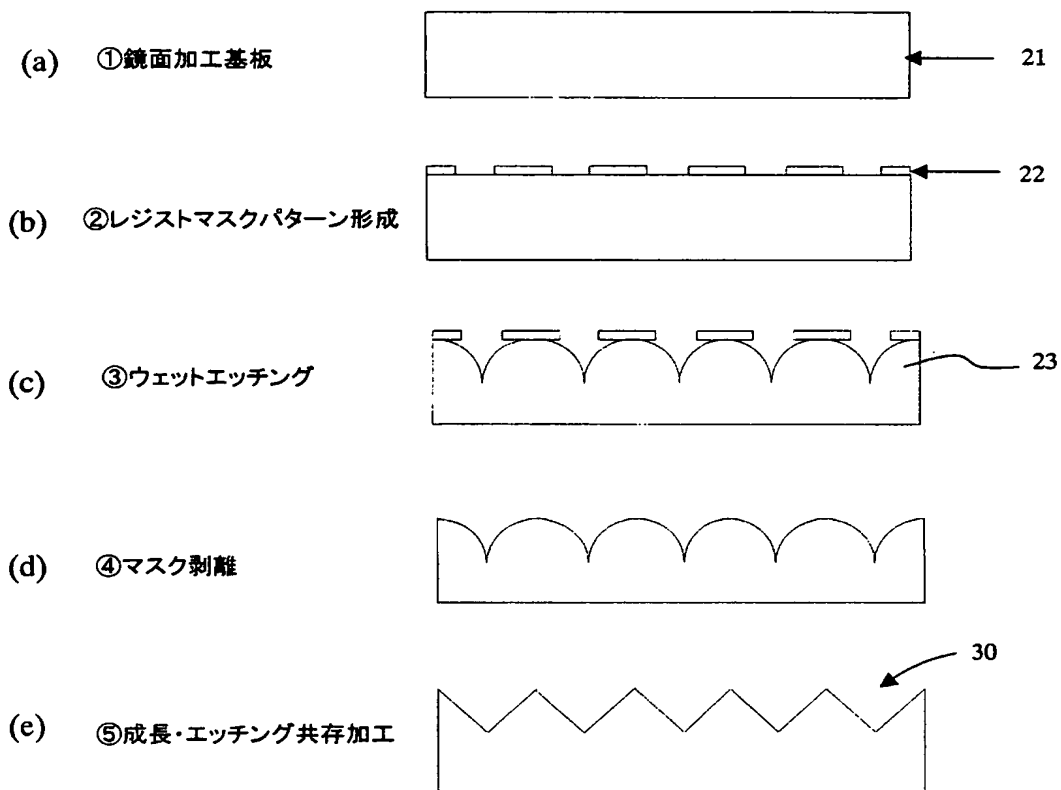
【図 4】



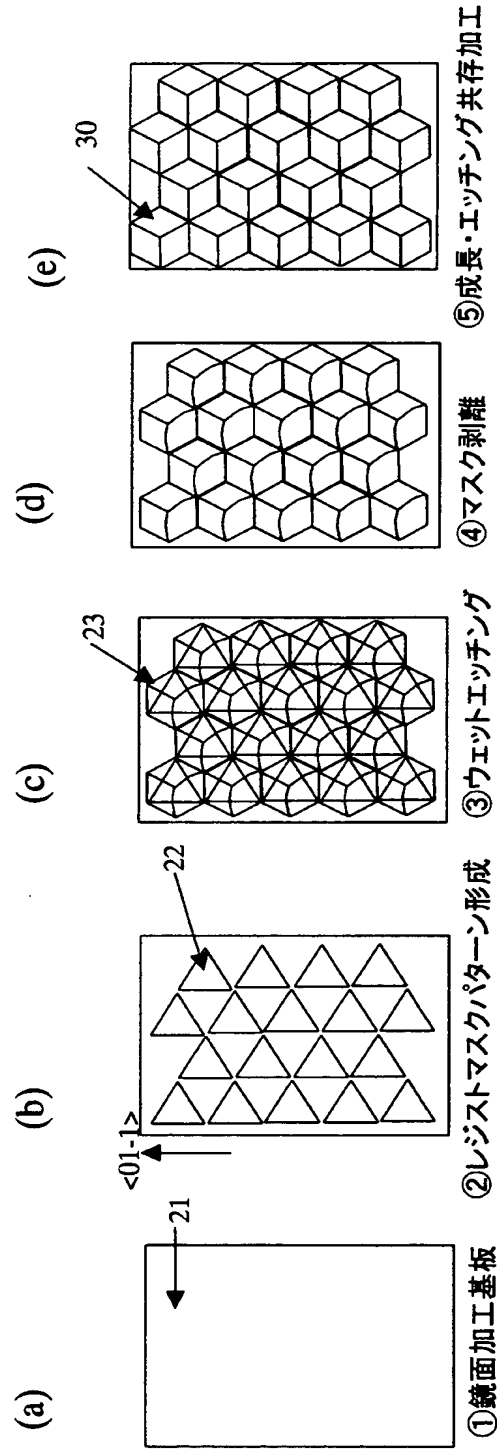
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 微小で且つ形状精度の高い単位要素を有するマイクロコーナーキューブアレイを作製する。

【解決手段】 少なくとも表面部分が立方晶系の結晶材料からなる基板であって、結晶材料の $\{111\}$ 面と実質的に平行な表面を有する基板を用いてコーナーキューブアレイを形成する。この基板の表面には、凹部、凸部、または凹部と凸部との組み合わせからなる立体形状要素が所定のパターンで形成される。また、立体形状要素が形成された基板に対して、上述の結晶材料に含まれる元素を含む活性種が供給される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号
氏 名	シャープ株式会社